Aus der I. Königl. Universitäts-Augenklinik zu Berlin.
(Direktor: Geheimer Medizinalrat Dr. J. v. Michel.)

Die Dunkeladaptation beim chronischen Glaukom.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER

MEDIZINISCHEN DOKTORWÜRDE

AN DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT
ZU BERLIN.

Von

Gustav Immel
approb. Arzt aus Geisweid in Westfalen.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Tag der Promotion: 8. Juli 1910.

Berlin 1910.
Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke)
Linienstraße 158.

190

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Referent: Prof. Dr. v. **Michel.**

Meinen Eltern.

Wenn wir aus hellen Räumen plötzlich in sehr schwach erleuchtete eintreten, ist uns eine Orientierung zuerst unmöglich; wir vermeinen, in vollkommener Finsternis uns zu befinden. Erst allmählich kommen wir dazu, uns an die Dunkelheit zu gewöhnen; es gelingt uns, die Umrisse der uns umgebenden Gegenstände zu erkennen. Diesen Vorgang, der sich in unserem Sehorgan abspielt, nennen wir die Adaptation des Auges, und den durch längeres Verweilen im Dunkeln herbeigeführten Zustand bezeichnen wir als Dunkeladaptation.

Auf Grund neuerer Forschungen, besonders von v. Kries, ist die sogenannte Duplizitätstheorie aufgestellt worden, welche lehrt, daß in unserem Sehorgan die Zapfen der Netzhaut die Elemente für das Sehen im Hellen darstellen, das Sehen im Dunkeln jedoch eine Funktion der Stäbchenschicht der Netzhaut ist. Diese Duplizitätstheorie wird nur von wenigen Seiten noch bestritten.

Das Vermögen unseres Auges, im Dunkeln zu sehen, ist also ein Vorgang, der nicht plötzlich eintritt und stationär bleibt, sondern die Empfindlichkeitssteigerung unseres Sehorgans schwachen Reizen gegenüber tritt erst allmählich ein und steigt kurvenmäßig längere Zeit hindurch.

Der Gang der Dunkeladaptation beim normalen Menschen war bis vor einigen Jahren noch wenig be-

kannt. Aubert, der darüber zuerst Untersuchungen anstellte, fand, daß der Empfindlichkeitszuwachs des Auges durch Dunkeladaptation auf das 35fache der Wertigkeit des helladaptierten Auges steige; Charpentier fand Zahlen von 200—300. In neuerer Zeit konnte Piper feststellen, daß diese Zahlen, die mit Hilfe ungenügender Apparate gewonnen waren, unrichtig sind; er fand, daß die Steigerung der Empfindlichkeitszunahme der Netzhaut eine 1400—8000fache war und konnte außerdem Adaptationskurven aufstellen, die von den Aubertschen verschieden waren. Aubert stellte nämlich als sogenannte Adaptationsregel den Satz auf: zuerst äußerst schnelle, dann sehr langsame Empfindlichkeitszunahme, eine Regel, die durch die Untersuchungen Charpentiers und Treitels bestätigt wurde. Im Gegensatz dazu steht das Ergebnis der Forschungen Pipers, der fand, daß die Empfindlichkeit der Netzhaut bei Dunkelaufenthalt, vom Zustand guter Helladaptation ausgehend, in den ersten 10—12 Minuten langsam, dann aber schnell zunimmt und nach längerer oder kürzerer Zeit ein Maximum erreicht, auf dem sie stehen bleibt. Außerdem konnte er beim normalen Auge zwei Typen der Dunkeladaptation unterscheiden, und zwar zeigt die Kurve des einen Typus einen schnellen Anstieg und steilen Verlauf und erreicht ziemlich hohe Werte, die Kurve des zweiten Typus bewegt sich langsamer aufwärts und erreicht nicht solche Höhe wie die Kurve der ersten Art.

Die Dunkeladaptation ist bei mancherlei Erkrankungen des Sehnerven, der Netzhaut und der Aderhaut gestört. Schon früher ist es aufgefallen, daß beim Glaukom das Adaptationsvermögen mehr oder weniger stark herabgesetzt war. Förster und Schmidt-Rimpler hielten den Mangel der Dunkeladaptation, den sie bei einigen Fällen von Glaukom fanden, nicht für charakteristisch; Mauthner fand in den meisten Fällen eine Herabsetzung

der Dunkeladaptation und hielt dies für ein Frühsymptom des chronischen Glaukoms. Während Vossius eine Herabsetzung der Adaptation verbunden mit hochgradiger Einschränkung des Gesichtsfeldes feststellte, fand Treitel eine Herabsetzung des Adaptationsvermögens verbunden mit einer Herabsetzung der Sehschärfe. In neuerer Zeit konnten Horn, Hillemanns und Lohmann eine Herabsetzung der Dunkeladaptation beim Glaukom bestätigen; letzterer fand beim Vergleich mit anderen Fällen, daß im Gegensatz zu den übrigen Atrophien des Sehnerven die Dunkeladaptation bei der glaukomatösen Atrophie bedeutend mehr herabgesetzt war.

Da bei allen diesen Untersuchungsergebnissen eine Herabsetzung der Dunkeladaptation gefunden wurde, schien es wünschenswert, eine Reihe von Glaukomkranken unter denselben Versuchsbedingungen, vor allem an demselben Apparat, auf ihre Dunkeladaptation zu prüfen. Die nachfolgenden Untersuchungen wurden mit Hilfe des Nagelschen Adaptometers angestellt, beschrieben in der „Zeitschrift für Augenheilkunde", Bd. XVII, Heft 3. Piper fand bei seinen Versuchen, daß bei Dunkeladaptation die Helligkeitsempfindung beider Augen die eines bedeutend an Intensität übertraf, ungefähr um das Doppelte. Tschermak und Wölfflin konnten dies jedoch nicht bestätigen. Diese Streitfrage der binokularen Reizaddition konnte bei den folgenden Untersuchungen unberücksichtigt gelassen werden, erstens, weil in allen Fällen jedes Auge für sich allein untersucht wurde, und zweitens, weil jene Streitfrage für die Schlußfolgerungen unwesentlich war.

Für den Gang der Dunkeladaptation ist nicht ohne Einfluß der Grad der bei Beginn der Untersuchung vorhandenen Helladaptation. Einen gleichen Grad der Helladaptation bei verschiedenen Individuen und zu verschiedenen Zeiten zu erhalten, ist unmöglich; bei den

folgenden Untersuchungen wurde versucht, dies annähernd zu erreichen dadurch, daß vor Beginn der Adaptationsprüfung sämtliche Patienten $^3/_4$ Stunden lang den Himmel betrachten mußten. Dadurch wurde es möglich, daß, wie Piper zeigte, annähernd die gleiche Helligkeit des Versuchslichtreizes als Anfangsschwellenwert gefunden wurde. Nach vorangegangener Helladaptation wurden die Patienten ins Dunkelzimmer gebracht und die Schwellenwertbestimmungen mit dem Nagelschen Adaptometer vorgenommen. Als Fixierpunkt wurde die von Nagel angegebene Visierlampe benutzt, deren Leuchtpunkt derart aufgestellt wurde, daß in allen Fällen die gleiche Stelle der Netzhaut, nämlich die Gegend 10^0—15^0 temporal von der Papille von den Strahlen des Leuchtfeldes getroffen wurde. Die Macula lutea ist nämlich, wie schon früher bekannt war und ausführlicher durch die Untersuchungen von v. Kries und Pertz bewiesen wurde, diejenige Stelle des Augenhintergrundes, welche für die Funktion der Dunkeladaptation am wenigsten oder gar nicht in Betracht kommt. Das Dämmerungssehen geht vielmehr vor sich in den peripheren Teilen der Netzhaut, und zwar besitzt die größte Höhe der Dunkeladaptation die Stelle 10^0 nasal von der Papille. In den folgenden Untersuchungen wurde jedoch die Gegend 10^0—15^0 temporal von der Eintrittsstelle des Sehnerven gewählt, weil angenommen wurde, daß dort auch bei den hochgradigsten Einschränkungen des Gesichtsfeldes der Dämmerungsapparat am wenigsten geschädigt sei. Nach den an der Skala des Adaptometers erhaltenen Zahlen wurden die reduzierten Empfindlichkeitswerte aus der von Nagel in der „Zeitschrift für Augenheilkunde", Bd. XVII, Heft 3 angegebenen Tabelle abgelesen. Zur besseren Veranschaulichung wurde die graphische Darstellung des Adaptationsverlaufes gewählt; in einem rechtwinkligen Koordinatensystem wurden auf der Abszissenachse die

Zeiten, auf der Ordinatenachse die reduzierten Empfindlichkeitswerte eingetragen und die zugehörige Kurve konstruiert.

Einzelne Fehler, die nicht zu vermeiden waren, können bei den Untersuchungsergebnissen unterlaufen sein. Bei der Aufnahme des Gesichtsfeldes wurde auf Skotome stets geprüft, besonders auf Ringskotome, die, wie Rönne in den „Klin. Monatsbl. f. Augenheilk." 47, Bd. I beschrieben hat, beim Glaukom öfter zu finden sind. Trotzdem nur in einem Falle ein solches Ringskotom konstatiert wurde, können sie vorhanden gewesen sein, sich jedoch wegen ihrer Kleinheit der Beobachtung entzogen haben.

Bei den älteren Patienten kann es möglich gewesen sein, daß, trotzdem durch die objektive Untersuchung eine Trübung der brechenden Medien nicht gefunden wurde, eine Kernsklerose der Linse bestand. Infolge dieser Kernsklerose kommt es, wie Heß neuerdings hervorgehoben hat, zu einer Absorption der blauen und violetten Strahlen, also jener Strahlen, welche für die perzipierenden Faktoren unseres Sehorgans die wirksamsten sind. Eine solche Kernsklerose, die bei der Durchleuchtung nicht gefunden wurde, kann darum die Untersuchungsergebnisse etwas beeinträchtigt haben.

Der Refraktionszustand ist für die Funktion der Dunkeladaptation von geringer Bedeutung. Es ist noch eine Streitfrage, ob bei hoher Myopie eine Herabsetzung der Dunkeladaptation vorhanden ist, wie von Seggel und seinen Schülern angenommen wird. Diese Frage ist für die vorliegende Arbeit außerdem nebensächlich, da Patienten mit höheren Myopien nicht untersucht wurden. —

Die untersuchten Fälle wurden der Übersicht halber in 4 Gruppen eingeteilt, und zwar kommen unter

Gruppe I

diejenigen Fälle, bei denen Gesichtsfeld und Sehschärfe normal oder annähernd normal sind.

1. Fall. Frau B., 55 J. Wetter trüb.
Gesichtsfeld normal, S. bds. = 1.
Druck mäßig erhöht, R. > L.; ophth. bds. randständige Exkavation.
Maximalwert der Dunkeladaptation: R. 13 000, L. 26 000.

2. Fall. Frau L., 64 J. Wetter sonnig.
R. Gesichtsfeld normal, S. = 1.
L. Glaukom. absolut., Amaurose.
Druck R. normal, L. + 2,0; ophth. R. normal, L. glaukom. Exkavation und Atrophie.
Dunkeladaptation: L. 8600.

3. Fall. Frau S., 55 J. Wetter trüb.
R. Lichtperzeption mit unsicherer Projektion.
L. + 2,0 D. S. = 1; Gesichtsfeld normal.
Druck R. + 2, L. normal; ophth. R. tiefe glaukom. Exkavation und Atrophie, L. normal.
Dunkeladaptation: L. 17 500.

4. Fall. Frl. M., 42 J. Wetter trüb.
R. S. = $^2/_3$; Gesichtsfeld geringe nasale Einschränkung.
L. S. = $^2/_3$; Gesichtsfeld normal.
Druck bds. normal; ophth. R. randständige Exkavation, L. normal.
Dunkeladaptation: R. 17 500, L. 14 900.

5. Fall. Frau H., 60 J. Wetter trüb.
R. S. = $^2/_3$; Gesichtsfeld normal.
L. Cataract. glaukom., Amaurose.
Druck R. normal; ophth. normal.
Dunkeladaptation: R. 26 000.

6. Fall. Frau K., 71 J. Wetter trüb.
R. S. = $^2/_3$; Gesichtsfeld geringe temporale Einschränkung.
L. Amaurose.
Druck R. + 1; ophth. R. randständige Exkavation, L. glaukom. Exkavation und Atrophie.
Dunkeladaptation: R. 10 400.

7. Fall. Frl. F., 48 J. Wetter sehr trüb.
R. S = Fingerzählen in 4 m, Catar. glaukom.
L. — 4,0 D. S. = $^1/_2$—$^2/_3$; Gesichtsfeld geringe nasale Einschränkung.
Druck normal; ophth. normal.
Dunkeladaptation: L. 14 900.

8. Fall. Frau D., 45 J. Wetter trüb.
R. — 4,0 D. S. = $^1/_{10}$; Gesichtsfeld geringe konzentrische Einschränkung, Iriskolobom nach oben.
L. — 1,0 D. S. = $^1/_2$; Gesichtsfeld geringe konzentrische Einschränkung, Iriskolobom nach oben.
Druck bds. + 1,0; ophth. R. glaukom. Exkavation, L. beginnende Exkavation.
Dunkeladaptation: R. 6510,
L. 7400.

9. Fall. Herr Sch., 35 J. Wetter hell, sonnig.
R. — 1,0 D. ⊂ — cyl. 4,0 D. Achse 30° t.
S = $^1/_4$; Gesichtsfeld vollständiger Ausfall

der nasalen und oberen Hälfte, unten bis 65°, nasal bis 30°, temporal bis 50° erhalten. Iriskolobom nach oben.

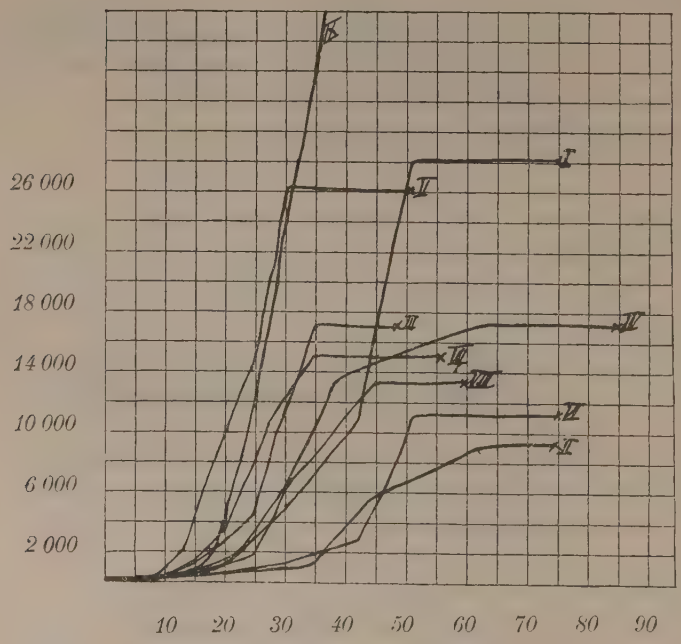
L. + 0,75 D. S. = $^2/_3$; Gesichtsfeld normal.

Druck R. + 1,0, L. normal; ophth. R. tiefe glaukom. Exkavation (— 8,0 D.), L. normal.

Dunkeladaptation: R. 1 600,
L. 175 000.

Die reduzierten Empfindlichkeitswerte der angeführten 9 Fälle auf dem besseren Auge sind in nebenstehender Tabelle aufgeführt.

Die dazugehörigen Adaptationskurven sind folgende:

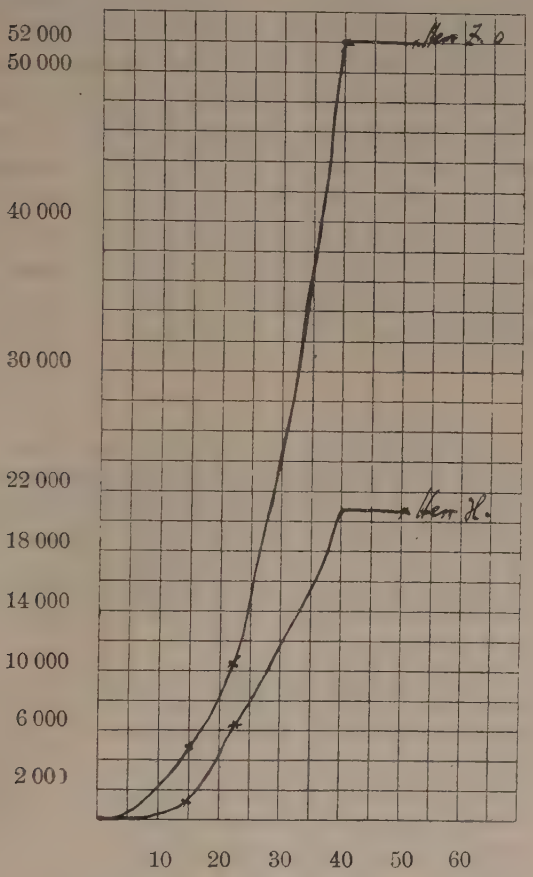


I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX	
Minuten	reduz Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte
3	32	3	6,5	2	32	2	4,3	3	10,8	2	6,5	2	3,2	2	2,6	7	13,(
8	325	6	7,5	6	165	8	87	8	87	5	8,1	6	32	10	10,8	15	650
14	520	10	9,3	12	650	13	816	12	860	11	13	11	185	19	1 302	25	13 000
20	1 040	15	130	16	1 750	23	1 300	19	8 680	20	185	15	1 750	26	4 350	31	26 000
27	3 700	19	185	20	5 210	37	13 000	28	26 000	24	740	19	3 700	45	13 000	41	74 000
44	13 000	24	650	27	10 400	44	14 900	40	26 000	35	1 750	28	13 000	60	13 000	50	74 000
51	26 000	28	860	35	17 500	64	17 500	50	26 000	43	2 600	37	14 900			65	175 000
75	26 000	41	4350	48	17 500	85	17 500			50	9 470	46	14 900				
		48	4350							60	10 400	56	14 900				
		62	8600							76	10 400						
		75	8600														

Die angeführten 9 Fälle beweisen, daß die Dunkeladaptation zum Teil sehr gut erhalten, zum Teil herabgesetzt ist. Wenn nun aber Mauthner eine starke Herabsetzung der Dunkeladaptation als Frühsymptom des Glaukoms konstatiert, eine Annahme, die von Horn bestätigt wird, kann das auf Grund der oben angeführten Fälle nicht behauptet werden. Horn fand bei seinen Versuchen, die ebenfalls mit dem Nagelschen Adaptometer ausgeführt wurden, eine bedeutende Herabsetzung der Dunkeladaptation in Fällen von Glaukom, desgleichen bei einem Falle, bei welchem der Verdacht auf Glaukom bestand. Nun ist aber bekannt, daß bei der normalen Dunkeladaptation bei den verschiedenen Menschen ganz enorme Schwankungen vorkommen, daß außerdem die Werte, die mit dem Nagelschen Adaptometer gefunden werden, von mancherlei Faktoren abhängen, z. B. der Spannung in der elektrischen Leitung und dem Alter der Osmiumlampen. Es ist darum erforderlich, zum Vergleich mit den pathologischen Befunden eine Reihe normaler Fälle heranzuziehen, die an demselben Apparat unter gleichen Bedingungen untersucht wurden. In den von mir untersuchten normalen Fällen fand ich folgende Adaptationswerte:

Herr Za.		Herr Zö.		Herr W.		Herr H.		Herr N.		Herr B.	
Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduz. Empfindlichkeitswerte
4	65	7	650	2	260	6	65	5	215	6	435
13	8 680	14	5 210	11	5 210	12	260	8	435	9	2 600
22	14 900	24	10 400	20	17 500	21	6 510	12	1 040	13	5 210
39	52 000	40	52 000	37	52 000	38	20 800	17	5 210	18	8 680
53	52 000	54	52 000	50	54 800	51	20 800	24	10 400	25	20 800
								32	13 000	33	35 000
								39	20 800	40	35 000
								46	20 800	47	35 000

Die Adaptationskurven von zwei dieser normalen Fälle sind folgende:



Diese Zahlen und Kurven zeigen, verglichen mit den Werten der Dunkeladaptation in den oben angeführten 9 Fällen, bei denen die Diagnose Glaukom zum Teil sicher war, zum Teil nur der Verdacht auf Glaukom bestand, daß von einer wesentlichen Herabsetzung der Dunkeladaptation bei normaler Sehschärfe und normalem

Gesichtsfeld nicht gesprochen werden und darum auch in diagnostischer Beziehung nicht verwertet werden kann.

Auffallend ist allerdings, daß in fast allen Fällen die Dunkeladaptation höchstens solche Werte erreichte, die annähernd an die untersten normalen Grenzen herankommen. Man könnte daran denken, daß dies bedingt wäre durch den intraokularen Druck, der vielleicht auch die Schwankungen in den einzelnen Fällen erklären könnte. Bei Vergleich der einzelnen Untersuchungsergebnisse findet man, daß diese Annahme nicht bestätigt wird. Frau L. (Fall 2) mit einem normalen Druck hat eine schlechtere Dunkeladaptation als Frau B. (Fall 1) mit erhöhtem Druck.

Daß der intraokulare Druck die Dunkeladaptation nicht beeinflußt, konnte ich ferner bei folgendem Fall konstatieren:

Frau H. kam am 13. November d. J. in unsere Poliklinik mit einem Glaukom. acut. auf dem rechten Auge; die Untersuchung ergab:

R. E. S. = $^2/_3$ partim; gestippte Hornhaut, Humor aqueus getrübt, leichte Glaskörpertrübungen, Papille normal, Gesichtsfeld normal, Druck + 3.

L. + 1,5 D. S. = 1, Druck normal.

Die Untersuchung der Dunkeladaptation ergab folgende Zahlen:

r. Auge		l. Auge	
Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte
2	6,5	3	130
5	32	7	325
11	260	12	520
15	650	16	2 900
21	1750	22	2 900
35	6950	36	13 000
57	6950	58	13 000
66	6950	67	13 000

Am 14. November war der Druck infolge Eserin-Pilocarpingebrauchs auf das Normale gesunken, Hornhaut ist klar, keine Glaskörpertrübungen mehr. Die Dunkeladaptation war folgende:

r. Auge		l. Auge	
Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte
2	9,3	3	68
5	32	6	325
11	870	12	860
16	2 600	17	3 250
23	6 510	25	13 000
31	6 510	44	13 000
42	10 400	54	13 000
53	10 400		

Die Dunkeladaptation war also etwas gestiegen; das dürfte jedoch dadurch erklärt werden, daß keine Trübung der brechenden Medien mehr bestand.

Am 19. November war der Druck normal, S. = 1, Gesichtsfeld normal. Die Dunkeladaptation war folgende:

r. Auge		l. Auge	
Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte
2	21	3	650
9	650	10	2 600
16	1 050	17	13 000
22	2 600	23	17 500
31	13 000	32	20 800
43	13 000	44	26 000
56	13 000	57	26 000

Am 6. Dezember war der Druck normal, S. = 1 pt., Gesichtsfeld normal. Die Dunkeladaptation war folgende:

r. Auge		l. Auge	
Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte
3	11,5	4	32
10	160	11	260
16	1300	17	1750
28	1750	29	1750
43	2900	44	2900
55	2900	56	2900
65	2900	66	2900

Dieser Fall zeigt also, daß bei einer starken Erhöhung des intraokularen Druckes die Dunkeladaptation besser erhalten sein kann als bei normalen Druckverhältnissen.

In allen untersuchten Fällen bestand infolge Eserin-Pilocarpingebrauchs eine maximale Miosis. Schon Garten fand, daß die Weite der Pupille von Bedeutung war für die Adaptation, wenn auch nicht derartig, daß die durch Verschiedenheit der Pupille hervorgerufenen Fehler ausgeglichen werden konnten durch das Vorsetzen eines Diaphragmas, was ebenfalls mancherlei Fehlerquellen in sich schließt. Auch ich konnte mich davon überzeugen, daß die Pupillenweite nicht ohne Einfluß auf die Dunkeladaptation ist. Ich untersuchte nach $^3/_4$ stündiger Helladaptation die Dunkeladaptation zweier normaler Augen, ließ die Versuchspersonen dann 1 Stunde umhergehen, gab dann 1 Tropfen Pilocarpin und stellte wieder nach $^3/_4$ stündiger Helladaptation die Zunahme der Empfindlichkeit des Dämmerungsapparates fest. Die Ergebnisse waren folgende:

Ohne Pilocarpin:

Herr N.		Herr B.	
Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte
5	215	6	435
8	435	9	2 600
12	1 040	13	5 210
17	5 210	18	8 680
24	10 400	25	20 800
32	13 000	33	35 000
39	20 800	40	35 000
46	20 800	47	35 000

Mit Pilocarpin:

Herr N.		Herr B.	
Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte
4	87	5	870
8	130	9	4 350
12	860	13	8 680
18	1 300	19	10 400
24	2 600	25	17 500
33	8 680	34	17 500
38	8 680	39	20 800
46	17 500	47	26 000
54	17 500	55	26 000

Da sich hieraus ergibt, daß bei Verengerung der Pupille die maximalen Werte der Dunkeladaptation in geringem Maße sinken, kann die hochgradige Miosis, die in den oben angeführten 9 Fällen bestand, mit dazu beigetragen haben, daß eine bessere Dunkeladaptation nicht erreicht wurde.

Gruppe II.

Sehschärfe normal oder annähernd normal, Gesichtsfeld hochgradig eingeschränkt.

1. Fall. Frau D., 56 J. Wetter trüb.

R. — 0,75 D. S. = $^2/_3$; Gesichtsfeld nur noch temporal bis 25° erhalten.

L. E. S. = 1; Gesichtsfeld normal.

Druck R. + 1,0; L. normal; bds. maximale Miosis; ophth. bds. normal.

Dunkeladaptation: R. 13000,
L. 26.

2. Fall. Frau B., 49 J. Wetter trüb.

R. + 2,0 D. S. = $^1/_4$—$^1/_3$; Gesichtsfeld geringe nasale Einschränkung.

L. + 1,0 D. S. = $^1/_2$; Gesichtsfeld vollständiger Ausfall der nasalen und oberen Hälfte, temporal bis 60° erhalten.

Druck bds. normal; bds. maximale Miosis; ophth. bds. randständige Exkavation.

Dunkeladaptation: R. 26000,
L. 1040.

3. Fall: Frau H., 62 J. Wetter sonnig.

R. — 1,0 D. S. = $^1/_2$ pt.; Gesichtsfeld nasal auf 45°, oben 40°, temporal 75° eingeschränkt.

L. — 2,0 D. S. = $^1/_4$; Gesichtsfeld nasal auf 35°, oben 40°, temporal 60°, unten 50° eingeschränkt.

Druck R. normal, L. + 1,0; bds. maximale Miosis; ophth. R. normal, L. leichte glaukom. Exkavation.

Dunkeladaptation: R. 1750,
L. 215.

4. Fall. Frl. M., 41 J. Wetter trüb.

R. + cyl. 2,0 D. ∥ 15° temp. S. = $^1/_{10}$: Gesichtsfeld hochgradige konzentrische Einschränkung auf 5°.

L. + cyl. 3,5 D. ∥ 30° nasal. S. = $^2/_3$ — 1; Gesichtsfeld normal.

R. operatives Iriskolobom nach oben, L. maximale Miosis; ophth. R. tiefe glaukom. Exkavation, L. normal.

Dunkeladaptation: R. 860,
L. 35000.

5. Fall: Frau S., 72 J. Wetter trüb.

L. Phtisis bulbi.

R. + 11,0 D. ⊂ + cyl. 2,0 D. ‖ S. = $^1/_4$—$^1/_3$. Gesichtsfeld oben und unten auf 25°, nasal und temporal auf 15° eingeschränkt.

Aphakie, geringe Kapselreste; ophth. tiefe glaukom. Exkavation, atroph. Papille, Halo glaukom; Iriskolobom nach oben; Druck + 2,0.

Dunkeladaptation: 130.

6. Fall. Herr N., 52 J. Wetter sonnig.

R. — cyl. 2,0 D. ‖ 20° temp. S. = $^1/_2$—$^2/_3$; Gesichtsfeld nasal, oben und unten bis 10°, temp. bis 30° eingeschränkt; Druck normal; Iriskolobom nach oben; ophth. glaukom. Exkavation, Halo glaukom.

L. E. S. = $^1/_{10}$; Gesichtsfeld nasal auf 30°, oben 30°, temp. 70° eingeschränkt; Druck normal; Iriskolobom; ophth. glaukom. Exkavation, Halo glaukom.

Dunkeladaptation: R. 1040,
L. 10400.

7. Fall. Herr Sch., 35 J. Wetter sehr hell. (Vgl. Fall 9 bei Gruppe I.)

R. — 1,0 D. ⊂ — cyl. 4,0 D. ‖ 30°, temp. S. = $^1/_4$; Gesichtsfeld normal.

L. + 0,75 D. S. = $^2/_3$; Gesichtsfeld vollständiger Ausfall der nasalen und oberen Hälfte.

Druck R. + 1,0; L. normal; ophth. R. tiefe glaukom. Exkavation, L. normal.

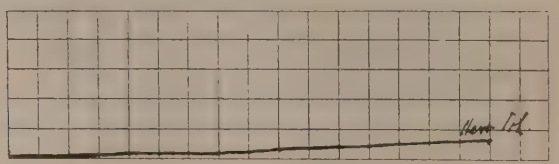
Dunkeladaptation: R. 175000,
L. 1600.

Die reduzierten Empfindlichkeitswerte der angeführten 7 Fälle auf dem Auge, welches die hochgradige Einschränkung des Gesichtsfeldes aufweist, betragen.

I		II		III		IV	
Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte
3	1,8	6	6,5	3	1,3	3	0
12	0,93	11	87	8	8,1	11	0
19	37	19	130	11	68	20	260
27	37	31	435	16	130	34	870
36	26	42	1040	25	215	43	860
44	26	55	1040	31	215	52	860
56	26	68	1040	41	215		
66	26			57	215		

V		VI		VII	
Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte
10	0	3	4,3	7	2,1
14	1,6	5	13	15	6,5
24	6,5	10	68	23	30
35	130	16	260	30	65
45	130	21	1300	40	125
61	130	27	1040	47	400
		41	1040	53	1600
		50	1040	64	1600
		70	1040		

Die Adaptationskurven von Fall VII, Herrn Sch., der noch die höchsten Werte erreicht, ist folgende:



Die angeführten Fälle beweisen, daß bei einer hochgradigen Einschränkung des Gesichtsfeldes und noch gut erhaltener Sehschärfe die Dunkeladaptation beim Glaukom stark herabgesetzt ist. Dies Ergebnis stimmt überein mit den Untersuchungen Lohmanns, der feststellen konnte, daß im Vergleich zu anderen Atrophien des Sehnerven bei der glaukomatösen Atrophie die Dunkeladaptation viel hochgradiger herabgesetzt war. Die oben angeführten 7 Fälle zeigen jedoch, daß die Herabsetzung der Adaptation nicht so bedeutend ist, daß man von Hemeralopie sprechen oder sie in Parallele setzen kann mit der Herabsetzung der Dunkeladaptation bei der Retinitis pigmentosa; bei dieser findet man bei dem typischen hochgradig konzentrisch eingeengten Gesichtsfelde als höchste Werte der Dunkeladaptation einen reduzierten Empfindlichkeitswert von ungefähr 1,5; bei der Retinitis pigmentosa muß darum der Dämmerungsapparat viel hochgradiger erkankt sein als beim Glaukom.

Gruppe III.

Gesichtsfeld ziemlich gut erhalten, Sehschärfe bedeutend herabgesetzt.

1. Fall. Frau F., 46 J. Wetter trüb.

L. E. S. = $^1/_2$—$^2/_3$; Gesichtsfeld normal, Druck normal.

R. S = Fingerzählen in 3 m; Gesichtsfeld nasal auf 50°, oben 40°, temp. 60°, unten 50° eingeschränkt, zentrales absolutes Skotom; Iridektomie nach oben.

Ophth. L. normal, R. glaukom. Exkavation und Atrophie.

Dunkeladaptation: L. 35000,
R. 2600.

2. Fall. Frau J., 68 J. Wetter trüb.

L. Iriskolobom nach oben, Catar. glaukom., Lichtperzeption.

R. S = Fingerzählen in 4 m; Gesichtsfeldgrenzen normal, zentrales absolutes Skotom; Druck + 1,0.

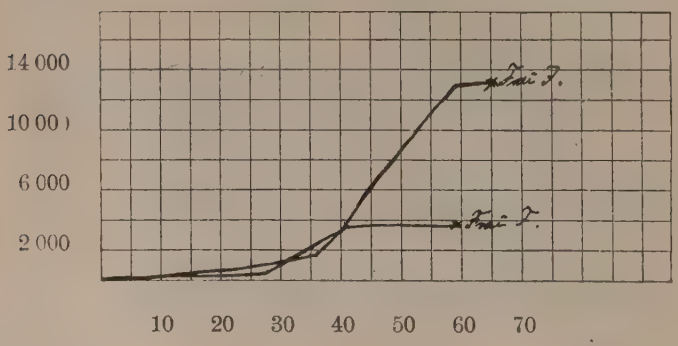
Ophth. R. leichte Glaskörpertrübungen, Papille exkaviert.

Dunkeladaptation: R. 13000.

Die reduzierten Empfindlichkeitswerte dieser beiden Fälle waren folgende:

I		II	
Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte
2	1,6	2	1,6
6	4,3	8	10,8
12	87	14	650
16	650	24	1 300
32	1040	36	1 750
42	2600	48	8 680
61	2600	60	13 000

Die dazugehörigen Adaptationskurven sind folgende:



Die beiden Fälle beweisen, daß die Herabsetzung der Sehschärfe ohne wesentliche Bedeutung für die Dunkeladaptation ist. Bei minimalem Sehvermögen kann die Dunkeladaptation noch relativ gut erhalten sein, wenn das Gesichtsfeld keine zu große Einschränkung erfahren hat. Auch Fall 6 der II. Gruppe beweist, daß auf dem Auge, das eine schlechtere Sehschärfe, aber ein größeres Gesichtsfeld aufwies, die Dunkeladaptation besser erhalten war als auf dem anderen Auge, das eine bessere Sehschärfe, jedoch ein kleineres Gesichtsfeld hatte.

Beim 1. Fall zeigt wieder der Befund des linken Auges, bei dem die Herabsetzung der Sehschärfe den Verdacht auf Glaukom nahelegt, daß aus dem Verhalten der Dunkeladaptation ein diagnostischer Schluß nicht gezogen werden kann.

IV. Gruppe.

Gesichtsfeld und Sehschärfe herabgesetzt.

1. Fall. Herr B., 53 J. Wetter trüb.
R. + 2,5 D. ⊂ + cyl. 1,5 D. ∥ S. $^1/_2$—$^2/_3$; Gesichtsfeld nasal und oberer Ausfall bis 20°; Iriskolobom nach oben; Druck + 1,0.
L. + 3,0 D. S. = 1; Gesichtsfeld normal, maximale Miosis; Druck normal.
Ophth. R. glaukom. Exkavation, L. normal.
Dunkeladaptation: R. 17500.
L. 5210.

2. Fall. Herr L., 62 J. Wetter trüb.
R. + 0,5 D. S. = 1; Gesichtsfeld nasal auf 45°, oben 40° eingeschränkt; Druck + 1,0.
L. E. S. = $^2/_3$; Gesichtsfeld nasal auf 40°, oben 30° eingeschränkt; Druck + 2,0.

Bds. maximale Miosis; ophth. L. glaukom. Exkavation.
Dunkeladaptation: R. 13000,
L. 4350.

3. Fall. Herr S., 71 J. Wetter trüb.
R. — 3,0 D. S. = 1/6; Gesichtsfeld oben bis 40°, nasal bis 45° eingeschränkt; Druck normal.
L. —3,5 D. S. = 1/3; Gesichtsfeld wie R.; Druck normal.
Ophth. bds. glaukom. Exkavation und Atrophie.
Dunkeladaptation: R. 435,
L. 475.

4. Fall. Frau B., 53 J. Wetter trüb.
R. — cyl. 0,5 D. ‖ ⊂ + cyl. 2,0 D. ‖ 30° temp. S. = Finger in 1 m. Iriskolobom nach oben; Gesichtsfeld oben bis 30°, nasal 25°, unten 40°, temp. 50° eingeschränkt; Druck + 2,0.
Ophth. glaukom. Exkavation und Atrophie.
L. Lichtperzeption.
Dunkeladaptation: R. 3250.

5. Fall. Frau L., 43 J. Wetter trüb.
R. Handbewegungen vor dem Auge.
L. E. S. = 1/3; Gesichtsfeld oben bis 35°, nasal 45°, unten 50°, temp. 70° eingeschränkt, Ringskotom unterhalb des Zentrums; Druck + 1,0.
Ophth. glaukom. Exkavation.
Dunkeladaptation: L. 5210.

6. Fall. Frau Gr., 64 J. Wetter trüb.
R. Lichtperzeption, Catar. glaukom.
L. Finger in 1 1/2 m; Gesichtsfeld nasal auf 0°, oben 25°, temp. 25°, unten 25° eingeschränkt; Druck + 3,0.

Ophth. glaukom. Exkavation und Atrophie.
Dunkeladaptation: L. 185.

7. Fall. Frau K., 62 J. Wetter trüb.
R. Kernsklerose.
L. — 6,0 D. S. = $^1/_4$; Gesichtsfeld nasal auf 60°, oben 20°, temp. 35°, unten 65° eingeengt; Druck normal.
Ophth. glaukom. Exkavation.
Dunkeladaptation: L. 1300.

8. Fall. Herr Sch., 46 J. Wetter trüb.
R. Fingerzählen in $^1/_2$ m; Iridektomie; Gesichtsfeld nasal bis 25°, oben 40°, temp. 70°, unten 60° eingeschränkt; zentrales absolutes Skotom.
L. + 3,0 D. S. = $^1/_3$; Gesichtsfeld nasal und oben geringe Einschränkung.
Druck bds. + 1,0; ophth. R. glaukom. Exkavation und Atrophie, Halo glaukom., L. beginnende Exkavation.
Dunkeladaptation: R. 400,
L. 3250.

9. Fall. Frau S, 43 J. Wetter trüb.
R. E. S. = $^1/_{10}$; Gesichtsfeld Ausfall der nasalen und oberen Hälfte, Iriskolobom nach oben; Druck + 1,0.
L. + cyl. 3,0 D. ‖ 20° nasal S. = $^1/_2$; Gesichtsfeld normal; Druck normal.
Ophth. R. glaukom. Exkavation und Atrophie, L. beginnende Exkavation.
Dunkeladaptation: R. 17 500,
L. 10 400.

I				II				III				IV	
R.		L.		R.		L.		R.		L.		R.	
Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte
2	7,2	3	32	3	32	4	6,5	2	6,5	3	4,5	3	0
6	9,3	7	125	6	260	7	215	8	10,8	9	10,8	10	13,0
13	935	14	1300	12	870	13	870	13	42	14	26	17	260
22	2 600	24	5210	17	1 040	18	860	20	185	21	87	22	650
35	4 350	36	5210	26	2 600	27	2600	29	370	30	435	33	1300
50	17 500	51	5210	40	13 000	41	3700	41	435	42	475	44	3250
61	17 500	62	5210	64	13 000	54	4350	60	435	61	475	55	3250
						65	4350					68	3250

V		VI		VII		VIII				IX			
						R.		L.		R.		L.	
Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte	Minuten	reduzierte Empfindlichkeitswerte
5	3,2	13	6,5	2	3,2	2	0	4	10,8	2	4,3	3	21
12	32	21	9,3	6	32	8	0	12	260	7	165	8	435
19	580	30	65	11	65	11	0	18	860	15	8 680	16	5 210
30	1040	39	185	16	145	16	0,93	26	1750	22	13 000	23	10 400
42	1040	53	185	21	650	19	1,6	38	3250	31	17 500	32	10 400
58	5210			27	740	31	32	46	3250	39	17 500	40	10 400
72	5210			36	1300	45	87	61	3250	45	17 500	46	10 400
84	5210			53	1300	60	260						
						78	400						
						85	400						

Die einzelnen reduzierten Empfindlichkeitswerte der angeführten Fälle sind in den Tabellen S. 28 und 29 aufgeführt.

Die Fälle der Gruppe IV zeigen, daß bei Herabsetzung des Sehvermögens und bei Abnahme des Gesichtsfeldes die Dunkeladaptation ebenfalls sinkt. Fast in jedem Falle kann man konstatieren, daß die Pipersche Adaptationsregel: in den ersten 10—12 Minuten langsamer, dann rascher Anstieg, auch für diese pathologischen Kurven der Dunkeladaptation gilt. Bei einigen Fällen fällt auf, daß der Kurvenanstieg erst nach längerer Zeit eintritt, wie dies schon Horn feststellte. In den Fällen 3 und 7 ist trotz relativ gut erhaltener Sehschärfe und gutem Gesichtsfeld die Dunkeladaptation minimal, während in den Fällen 1, 4 und 9 trotz schlechter Sehschärfe und bedeutend eingeschränktem Gesichtsfeld die Dunkeladaptation viel besser erhalten ist. Es ist darum unmöglich, eine proportionale Angabe zu machen über das Sinken der Dunkeladaptation beim Glaukom, etwa mit Bezug auf Abnahme des Gesichtsfeldes oder Tiefe der glaukomatösen Exkavation; sicher ist nur, daß bei hochgradig konzentrisch eingeengtem Gesichtsfeld auch die Dunkeladaptation minimal ist; bei Gesichtsfeldern, die einen vollständigen Ausfall irgendeines Quadranten aufweisen, bei denen aber noch andere periphere Teile erhalten sind, braucht die Dunkeladaptation keine hochgradige Abnahme zu erfahren.

In den Fällen 1 und 9 überrascht, daß die Dunkeladaptation auf dem Auge, das eine schlechtere Sehschärfe und stärker eingeschränktes Gesichtsfeld hat, besser erhalten ist als auf dem anderen Auge. Das dürfte dadurch erklärt werden, daß auf dem schlechteren Auge ein breites operatives Iriskolobom bestand, während das andere Auge infolge Eserin-Pilocarpingebrauchs eine maximale Miosis aufwies, und diese Verschiedenheit der

Pupille ist ja, wie oben gezeigt wurde, nicht ohne Einfluß auf die Dunkeladaptation.

Kurz zusammengefaßt, haben die Untersuchungen also folgendes Ergebnis gehabt:

1. Die Herabsetzung der Dunkeladaptation im Anfangsstadium des Glaukoms, wo die Sehschärfe noch gut erhalten und das Gesichtsfeld gar nicht oder unwesentlich eingeschränkt ist, ist so unbedeutend, daß sie in diagnostischer Hinsicht nicht verwertet werden kann.
2. Die Dunkeladaptation ist stark herabgesetzt bei hochgradiger konzentrischer Einschränkung des Gesichtsfeldes, aber noch gut erhaltener Sehschärfe.
3. Bei hochgradiger Herabsetzung der Sehschärfe, aber noch relativ gut erhaltenem Gesichtsfeld ist die Herabsetzung der Dunkeladaptation nicht so bedeutend wie im umgekehrten Falle.
4. Die Herabsetzung der Dunkeladaptation ist unabhängig von den Verhältnissen des intraokularen Druckes.
5. Die Pupillenweite ist nicht ohne Einfluß auf die Dunkeladaptation; die durch verschiedene Pupillengröße hervorgerufenen Differenzen der Adaptationswerte sind jedoch nicht bedeutend.

Die Arbeit, die Anfang Dezember 1909 beendigt wurde, konnte infolge der ministeriellen Bestimmungen erst jetzt veröffentlicht werden; die seitdem erschienene Literatur mußte deshalb leider unberücksichtigt bleiben.

Zu tiefem Danke bin ich verpflichtet Herrn Geheimrat Prof. Dr. v. Michel für die gütige Erlaubnis, an der Hand des Materials der Kgl. Universitäts-Augenklinik meine Arbeit zu vollenden, desgleichen Herrn Privatdozent Dr. Köllner für die Anregung zu der Arbeit und für die erteilten Ratschläge bei der Ausführung der Versuche.

Literaturverzeichnis.

1. Aubert, Physiologie der Netzhaut. Breslau 1865.
2. Charpentier, Expériences sur la marche de l'adaptation retinienne. Archives d'ophtalmol. 6, 1887.
3. Treitel, Über das Verhalten der normalen Adaptation. Graefes Archiv f. Ophth. 1887.
4. Piper, Über Dunkeladaptation. Zeitschr. f. Physiol. u. Psychol. d. Sinnesorgane, Bd. XXXI u. XXXII.
5. Nagel, Zwei Apparate zur augenärztlichen Funktionsprüfung. Zeitschr. f. Augenheilk., Bd. XVII, Heft 3.
6. Nagel, Handbuch der Physiologie 1905.
7. Seggel, Über Prüfung des Lichtsinns. Archiv f. Augenheilk., Bd. XVIII, 1886.
8. Hering, Grundzüge der Lehre vom Lichtsinn. Graefe-Saemisch, Bd. III.
9. Piper, Zur messenden Untersuchung und zur Theorie der Hell- und Dunkeladaptation. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 1907.
10. Nagel, Pupillenweite und Lichtempfindlichkeit. Zentralbl. f. prakt. Augenheilk. 1908.
11. Garten, Pupillenweite und Lichtsinn. Pflügers Archiv 68, 1897.
12. Wölfflin, Der Einfluß des Lebensalters auf den Lichtsinn. Graefes Archiv 61, S. 524.
13. Cohen, Lebensalter und Lichtsinn. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. 44, Bd. I, S. 120.
14. Tschermak, Die Hell-Dunkeladaptation des Auges und die Funktion der Stäbchen und Zapfen. Ergebnisse der Physiologie, Wiesbaden 1902.
15. E. A. Fick, Studien über Licht- und Farbenempfindung. Pflügers Archiv 43, 1888.
16. Nagel und Schaefer, Über das Verhalten der Netzhautzapfen bei Dunkeladaptation des Auges. Zeitschr. f. Physiol. u. Psychol. d. Sinnesorgane, Bd. 34, S. 271.

17. Nagel, Einige Beobachtungen über die Wirkungen des Druckes und des galvanischen Stromes auf die Dunkeladaptation des Auges. Zeitschr. f. Physiol. u. Psychol. d. Sinnesorgane, Bd. 34, S. 285.
18. Henius, Die Abhängigkeit der Lichtempfindlichkeit von der Größe des Reizobjektes.
19. Schirmer, Untersuchungen zur Physiologie der Pupillenweite. Arch. f. Ophthalmol.
20. Stilling und Landolt, Über die Beziehungen des Lichtsinns zur Refraktion. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk., Mai 1908.
21. Seggel, Die Schädigung des Lichtsinns bei den Myopen. Archiv f. Ophthalmol. 1904, 69.
22. Seggel, Myopie und Lichtsinn. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk., Oktober 1906 u. Oktober 1908.
23. Stargardt, Gesichtsfeld bei Dunkeladaptation. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk., 44, Bd. II.
24. Heinrichsdorff, Störung der Adaptation und des Gesichtsfeldes bei Hemeralopie. Graefes Archiv f. Augenheilk. 62, S. 405.
25. Krienes, Über Adaptation und Adaptationsstörung. Archiv f. Augenheilk. Bd. 31, Ergänzungsheft 1895.
26. Lohmann, Untersuchungen über Adaptation und ihre Bedeutung bei Erkrankungen des Augenhintergrundes. Graefes Archiv f. Ophthalm., Bd. 65, 3.
27. Horn, Dunkeladaptation bei Augenhintergrunderkrankungen. Dissertation Tübingen.
28. Mauthner, Klinische Vorlesungen über Glaukom 1898.
29. Hertzog, Dissertation Königsberg 1887.
30. Hillemann, Lichtsinnstörungen bei verschiedenen Erkrankungen des Augenhintergrundes. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk., September 1909.

Lebenslauf.

Verfasser dieser Arbeit, Gustav Immel, wurde am 2. Januar 1886 zu Geisweid in Westfalen geboren als Sohn des Obermeisters a. D. Johannes Immel und seiner Ehefrau geb. Schneider. Er besuchte zuerst die Volksschule seines Heimatortes, dann die Rektoratschule zu Weidenau und das Realgymnasium zu Siegen, wo er im Jahre 1904 das Abiturientenexamen bestand. Er studierte dann Medizin an den Universitäten zu Göttingen, Prag, München, Gießen und Berlin. Vom 1. Oktober 1906 bis zum 1. April 1907 genügte er seiner Militärpflicht im 1. bayrischen Infanterie-Regiment „König" zu München. Am 6. Juli 1909 bestand er vor der Prüfungskommission in Berlin die ärztliche Staatsprüfung.